



BEST AVAILABLE COPY

Translation of German Patent No. DE 43 26 982 C1

DESCRIPTION

The invention relates to a process and apparatus for the creation of molded parts from metallic foam, particularly aluminum foam, in a casting mold.

Various methods are known for the manufacture of working material from metal foam. In one process, there is added to the metal a substance which disintegrates and develop gas upon reaching a particular melt temperature. The gas bubbles developing in the melt become solidified in the melt due to hardening. According to a variation of this known process, suitable gases can be blown directly into the metal melt, or stirred into it. According to another known process, the metal melt is mixed with solid, granular particles which, after hardening of the melt, are dissolved out with an appropriate solution, leaving behind cavities in the melt. This state of the art is, for example, described in the following publications: FR-A-615147, FR-A-2282479, WO 91/03578, WO 92/03582, WO 92/21475.

With the known processes, the industrial manufacture of metal foam as a working material is possible. However, each of these known processes has its own special problems relating to the shaping of the foam material. In particular, the manufacture of molded pieces from this working material in a master pattern process analogous to the pouring of metallic melt into a casting mold has up to now posed considerable difficulties. As a rule, the pouring of fleece-forming metal foam into a casting mold leads to problems relating to the complete filling of all mold cavities, due to the low specific weight of the metal foam and its short hardening time.

It is indeed possible, utilizing the last-described process in which the granular particles mixed with the melt are eliminated after hardening of the melt while creating hollow cavities (Magazine "Modern Castings", February 1991, pgs. 57-70), to manufacture molded parts in casting molds, nonetheless the subsequent handling by washing and drying of the cast parts created in the mold, subsequent to the casting, is very expensive.

Melting additives which decompose and develop gas, during the casting of metal foam bodies in casting molds, leads to very critical production parameters, because the metal melt must be supplied to the cavity of the casting mold in precisely measured quantities before the commencement of foam generation. As well, the temperatures of the wall of the casting mold and the metal melt must be precisely set with respect to one another in order, on the one hand, to completely fill all mold cavities while the melt foam remains flowable, and on the other hand to avoid the escape of gas bubbles out of the melt if the hardening process is too slow.

To overcome this problem, a process is known in which a foamable metal melt is generated, the foaming of which however is delayed until the filling of the casting mold by way of the gas pressure applied to the metal melt, such that the foaming of the metal melt takes place first in the mold (GB-A-892934). This process is problematical and does not lead to completely satisfactory results.

It is therefore an object of this invention to provide a process for the manufacture of mold portions from metal foam in casting molds, which, with respect to the mold configuration, offers configurational freedom comparable to that of the conventional casting processes with unobjectionable results, and which allows a simple rational series production at the industrial level. This object, in accordance with the invention,

is attained by the process characterized in claim 1, and thus by way of the use of two containers connected with one another, of which one communicates with the casting mold; firstly a metal melt is introduced into the two containers, or is created in the containers; then there is created, floating on the metal melt which is located in the second container connected with the casting mold, a flowable metallic foam; and then this flowable metal foam, due to a pressure exerted on the melt in the first container, is pushed upwardly until the casting mold is completely filled.

This solution of the object rests upon recognition of the fact that metallic foam, in particular the so-called particle-stabilized metallic foam, is very stable when under pressure, whereas its foam structure when subjected to shearing forces is easily destroyed. In accordance with the inventive process, the metal foam is subjected to very little shear force, although with in increased pressure in the cavity of the casting mold so that a complete filling of the mold cavity, even for complicated shapes, is made possible without destroying the foam structure.

Advantageously, the pressure applied to the metal melt in the first container is created by way of an adjustable gas pressure applied to the upper surface of the metal melt in the first container, this gas pressure pressing downwardly against the surface in the first container. By this means, through the metal melt, the metal foam in the communicating second container, floating on the metal melt, is caused to climb upwards in this second container and flow into the casting mold.

An apparatus for carrying out the inventive process, which apparatus includes: a melt chamber, a foam chamber connected with the melt chamber in the manner of communicating pipes, the foam chamber having a device for creating foam, and a casting mold; is such that the casting mold is connected with the upper region of the

foam chamber, and such that a pressurized gas line opens into the melt chamber, the said melt chamber being closed in a gas-tight manner except for the gas line. Upon entry of pressurized gas into the melt chamber, according to the inventive process, the surface of the molten metal in the melt chamber can be pressed downwardly, which causes the metal foam located in the foam chamber, and floating on the metal melt therein located, to climb upwardly and flow into the casting mold.

According to an advantageous embodiment of the inventive apparatus, the foam chamber is provided by a pipe immersed in the melt chamber, to the upper end of which the casting mold is directly or indirectly connected, while the device serving to create the foam is located in the lower region of the pipe.

In the drawings are illustrated two particularly advantageous embodiments of an apparatus for carrying out the inventive process. Utilizing the latter, the inventive process will now be described in greater detail.

Figures 1 and 2 illustrate a first embodiment of this apparatus in cross-section in two different process stages.

Figure 3 shows a second embodiment of this apparatus, likewise in cross-section.

Figures 4 and 5 illustrate a detail of a third embodiment, in cross-section.

In the embodiment illustrated in Figures 1 and 2, a gas-tight, closed melt oven 1 is divided by a separating wall 2 into a larger melt chamber 3 and a smaller foam chamber 4. In the region of the bottom of the melt oven, there is provided in the separating wall 2 an aperture for the metal melt 5 in the two chambers, the metal melt 5 being brought to a flowing-molten condition by heating. The melt chamber has a closeable filler opening for the metal melt, not shown in the drawings, as well as a

regulation valve 6, inserted into a pressurized gas line 7. Aside from this, the melt chamber 3 is closed in a gas-tight manner.

The foam chamber is also closed in a gas-tight manner aside from a gas-escape opening 8, which opening is closeable by a controllable gas valve 9. The foam chamber has, in its upper wall or cover region, an escape opening 11 closeable by a slide valve 10, the opening 11 communicating with the casting cavity of a casting mold 12 flange-connected with the upper side of the foam chamber. In the lower region of the foam chamber there is a stirring device 14 which is driven in order to create foam metal 15 from the metallic melt, this being driven by way of a drive shaft 13 projecting out of the foam chamber. Additionally, in order to encourage the formation of foam, a further line can be provided for delivering additional materials which favour the generation of foam, such lines opening into the foam chamber.

In the process stage illustrated in Figure 1, the oven is filled up to about two-thirds of its full height with previously prepared metal melt 5. In the foam chamber 4, foam 15 is created, and this is displaced to the upper surface of the metal melt 5 in the foam chamber 4, the chamber spaced above the metal melt is thereby more and more filled. The temperature of the foam chamber is selected so that the foam remains in a liquid state capable of flowing.

As soon as a sufficient amount of metal foam 15 has collected on the upper surface of the metal melt 5 in the foam chamber 4, the slide valve 10 on the discharge opening 11 of the foam chamber 4 is opened, the gas valve 9 is closed, and the regulation valve 6 of the melt chamber 3 communicates the chamber 3 with the pressure gas line 7, whereby pressurized gas enters the space of the melt chamber 3 above the liquid surface 16 of the metal melt 5 located in this chamber. In this manner,

metal melt 5 is moved under pressure from the melt chamber 3 into the foam chamber 4, accompanied by a drop in its surface 16. Due to this, the surface of the melt 5 located in the foam chamber 4 climbs upwardly, and the foam floating above the melt is injected into the cavity within the casting mold 12. Due to the fact that the gas pressure in the melt chamber can be regulated using the valve 6, it is possible to ensure that the metal foam being injected into the casting mold will completely fill the interior of the mold. This process stage is illustrated in Figure 2.

After the casting mold 12 has been filled, the slide valve 10 at the discharge opening 11 of the foam chamber 3 is closed in order to prevent any back-flow of the metal foam out of the casting mold. The gas supply in the pressurized gas line 7 is closed off and the pressurized gas line 7 is removed from the valve 6. By the subsequent opening of the regulation valve 6 and the gas valve 9, the entire interior space of the oven, i.e. melt chamber 3 and foam chamber 4 become pressureless, such that the upper surface 16 of the melt 5 in both chambers returns to its initial setting as illustrated in Figure 1. After the hardening time expires, the casting mold is opened, and the molded piece located therein is removed. Then a new process cycle can begin.

The casting will have a more or less smooth or porous surface layer, depending upon the selection of the temperature of the metal foam and of the wall of the casting mold, and the amount and duration of the pressure following complete filling of the mold.

It is also possible to provide in the casting mold previously prepared inlays, for example in the form of conventional, cast mold bodies or sheet metal portions, in order to provide, to the casting made of foam material, regional or wide-surface locations with stronger structure and greater strength.

the melt chamber 18 is subjected to pressurized gas by way of the line 19 whereby the portion of the melt 5 located in the lower region of the pipe 17 is caused to rise upwardly, until the metal foam 15 floating thereon is forced under pressure into the casting mold 25 with the slide valve 26 open, thus completely filling the mold. Finally, the mold 25 is closed by the slide valve 26, the pressurized gas introduction is halted, and the melt chamber 18 is relieved of pressure by way of a venting valve or by opening the valve 20 after removal of the pressurized gas line 19, so that the surface level 16 of the melt 5 in the melt chamber 18 and in the foam chamber 17 returns to its initial location.

In the embodiments illustrated in Figures 1 to 3, the casting mold 12, 25, which is to be filled, is connected immediately adjacent the upper end of the foam chamber 4, 17. However, it is also possible to connect to the foam chamber an apparatus operating according to the principle of a cold chamber injection molding machine, which accomplishes the appropriate filling of the mold. An embodiment of the latter is illustrated in Figures 4 and 5. In this embodiment, the outlet opening 27 from the foam chamber 28 communicates with the cylindrical pressure chamber 29 of a casting apparatus having a casting piston 30 which can be reciprocated by means of a piston rod 31. As soon as the predetermined amount of metal foam 15 has entered the pressure chamber, the exit opening 27 of the foam chamber 28 is closed by advancing the casting piston 30. Simultaneously the pressurized gas loading of the melt chamber is ended, thus preventing a further raising or upward movement of the metal foam in the foam chamber. With a further advance of the casting piston in the direction of the casting mold 32, which communicates with the filling chamber 29, the metal foam 15 in the pressure chamber will be forced into the cavity defined by the casting mold 32. The

filling pressure created by the piston rises high enough to cause complete filling of the mold cavity by the foamed mass.

This process offers the advantage that metal foam can be pressed into the casting mold at a desired pressure, without unfoamed molten aluminum entering the casting mold.

In the embodiment illustrated in Figures 4 and 5, the cylindrical filling chamber is disposed in a horizontal configuration above the exit opening 27 of the foam chamber 28. However, it is also possible to use an inclined or vertical orientation for the filling chamber.

The process according to the invention can be improved still further by using a vacuum to evacuate the cavity of the casting mold during the inflow of the metal foam, in known manner, whereby the inflow of metal foam and/or the filling of a fine casting will be improved.

The foam casting parts created in accordance with the process of the invention can, for example, be brought to their final desired form by cutting or stamping. For example, the process according to the invention can directly produce foam blanks of relatively simple configuration, for example in the form of cylinders, pipes, cubes or the like, which can achieve their desired final configuration only through additional working.

It is also conceivable to provide additional molding utilizing stamping, while the foam casting is still in the casting mold.

This can occur by forcing contour-determining slide members under pressure into the foam casting, and then again withdrawing them.

CLAIMS

1. Process for creating molded parts from metal foam in a casting mold, utilizing two containers connected with each other in the manner of communicating pipes, of which one is connected to the casting mold, **characterized in that**, firstly a metal melt is introduced into or created within the two containers, in that then in the metal melt within the second container, i.e. the one connected to the casting mold, a flowable metal foam is created and floats on the surface therein, and in that then the said flowable metal foam, due to a pressure applied to the melt in the first container, is driven upwardly and into the casting mold, until the casting mold is completely filled.
2. A process according to claim 1, characterized in that, for creating a pressure pushing on the metal melt in the first container, a controllable gas pressure is made to act upon the metal surface in the first container, pushing the said surface downward, whereby the metal foam floating on the metal melt in the second chamber which is in communication through the metal melt, is caused to rise upwardly in that container and to flow into the casting mold.
3. The process according to claim 1, characterized in that, the metal foam, due to the pressure applied to the metal melt, is directly injected into the casting mold.
4. The process according to claim 1, characterized in that the metal foam, due to the pressure exerted on the metal melt, firstly enters the filling chamber of a pressure

filling apparatus, and from there is pressed into the casting mold which is connected to the pressure filling chamber.

5. Apparatus for carrying out the process according to one or more of claims 1 through 4, with a melt chamber (3), a foam chamber (4) connected with the melt chamber (3) in the manner of communicating pipes, the foam chamber (4) having an apparatus (13, 14, 23, 24) for the creation of foam, and a casting mold (12, 25), characterized in that only the upper region of the foam chamber (4) is connected to the casting mold (12, 25), and that in the melt chamber (3) there is connected a pressure gas line (7, 19), which melt chamber is closed in a gas-tight manner except for the entry of the gas line.

6. A process according to claim 5, characterized in that the foam chamber (4) takes the form of a pipe (17) projecting into the melt chamber (3), to the upper end of which pipe the casting mold (25) is directly or indirectly connected, and in that the apparatus (23, 24) serving to create the foam is located in the lower region of the pipe (17).

7. An apparatus according to claims 5 and 6, characterized in that the device (23, 24) for creating foam consists of a stirring apparatus.

8. An apparatus according to claims 5 and 6, characterized in that the device for the creation of foam is constructed as a gas delivery line in the lower region of the foam chamber.

9. Apparatus according to claims 5 and 6, characterized in that the entry opening of the casting mold (12, 25) is in the wall of the foam chamber (4) and is closeable by way of one or more closure bodies, for example slide valves (10, 26).
10. Apparatus according to claim 5, characterized in that the melt chamber (3) and/or foam chamber (4) exhibits a closeable air exhaust opening (8).



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 43 26 982 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
C 22 C 1/08
B 22 D 18/04

②1 Aktenzeichen: P 43 26 982.6-24
②2 Anmeldetag: 11. 8. 93
④3 Offenlegungstag: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 9. 2. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Alcan Deutschland GmbH, 37075 Göttingen, DE

⑦4 Vertreter:

Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fücksle, K.,
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Ritter und Edler
von Fischern, B., Dipl.-Ing.; Kolb, H., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte; Nette, A., Rechtsanw.,
81925 München

⑦2 Erfinder:

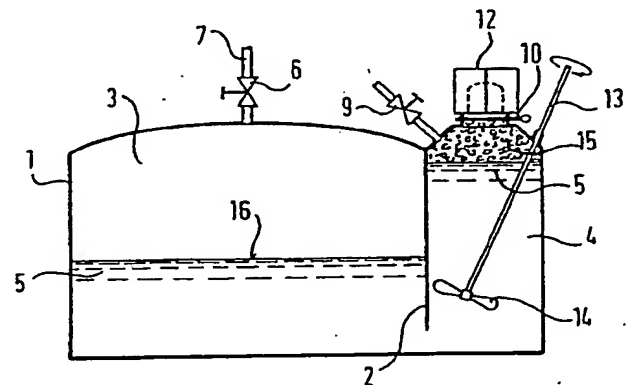
Kleinheyer, Stefan, Dipl.-Ing., 90439 Nürnberg, DE;
Bilz, Georg, 90453 Nürnberg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

FR	22 82 479
FR	6 17 147
GB	8 92 934
WO	92 21 475
WO	92 03 582
WO	91 03 578

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum

⑤7 Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum in Gießformen, unter Anwendung von zwei nach Art von kommunizierenden Röhren miteinander verbundenen Behältern (3, 4), von denen einer an die Gießform (12) angeschlossen ist. Dabei werden zunächst in die beiden Behälter eine Metallschmelze (5) eingebracht bzw. in diesen Behältern erzeugt. Dann wird in der Metallschmelze, die sich im zweiten an die Gießform angeschlossenen Behälter (4) befindet, ein an deren Oberfläche schwimmender, fließfähiger Metallschaum (15) erzeugt, worauf dieser Metallschaum durch einen auf die Schmelze (5), die sich im ersten Behälter (3) befindet, ausgeübten Druck im zweiten Behälter (4) hoch- und in die Gießform hineingedrückt wird, bis dieser die Gießform völlig ausfüllt. Zur Erzeugung des auf die Metallschmelze im ersten Behälter wirkenden Drucks kann über eine Druckgasleitung (7) ein regulierbarer Gasdruck auf den Spiegel dieser Schmelze zur Einwirkung gebracht werden.



DE 43 26 982 C 1

DE 43 26 982 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum, insbesondere Aluminiumschaum, in Gießformen.

Zur Erzeugung von Werkstoffen aus Metallschaum sind verschiedene Verfahren bekannt. Bei einem Verfahren werden der Metallschmelze Substanzen zugesetzt, die sich bei der gegebenen Schmelztemperatur unter Gasentwicklung zersetzen. Die sich in der Schmelze entwickelnden Gasblasen werden durch Erstarren der Schmelze in dieser eingefroren. Gemäß einer Abwandlung dieses bekannten Verfahrens werden geeignete Gase auch direkt in die Metallschmelze eingeblasen oder eingerührt. Bei einem anderen bekannten Verfahren wird die Metallschmelze mit festen, körnigen Partikeln vermischt, die nach Erstarrung der Schmelze mit geeigneten Lösungsmitteln herausgelöst werden und dabei in der Schmelze Hohlräume zurücklassen. Dieser Stand der Technik ist z. B. in folgenden Druckschriften beschrieben: FR-A-615 147, FR-A-2 282 479, WO 91/03578, WO 92/03582, WO 92/21475.

Mit den bekannten Verfahren ist die industrielle Herstellung von Metallschaum als Werkstoff möglich. Jedes dieser bekannten Verfahren ist jedoch mit speziellen Problemen bei der Formgebung des Schaumwerkstoffes verbunden. Insbesondere macht die Herstellung von Formteilen aus diesem Werkstoff in einem Urformprozeß in Analogie zum Formgießen von Metallschmelzen in Gießformen bisher erhebliche Schwierigkeiten. Denn das Einfüllen von fließfähigem Metallschaum in Gießformen führt aufgrund des geringen spezifischen Gewichts des Metallschaumes und dessen rascher Erstarrung in der Regel zu Problemen bei der vollständigen Füllung sämtlicher Formhohlräume.

Zwar kann man mit dem letztgenannten Verfahren, bei welchem die mit der Schmelze vermischten körnigen Partikeln nach Erstarrung der Schmelze aus dieser unter Bildung von Hohlräumen herausgelöst werden (Zeitschrift "Modern Castings", Februar 1991, Seiten 57 bis 70), Formteile in Gießformen herstellen, jedoch ist die Nachbehandlung des in der Form erzeugten Gußteils nach dem Gießen durch Waschen und Trocknen sehr aufwendig.

Schmelzzuschläge, die sich unter Gasentwicklung zersetzen, führen beim Gießen von Metallschaumkörpern in Gießformen zu sehr kritischen Produktionsparametern, weil die Metallschmelze in genau abgemessener Menge in den Hohlraum der Gießform eingebracht werden muß, bevor die Schaumbildung einsetzt. Auch müssen die Temperaturen der Wand der Gießform und der Metallschmelze genau aufeinander abgestimmt sein, um einerseits eine vollständige Ausfüllung aller Formhohlräume zu ermöglichen, solange der Schmelzschäum noch fließfähig ist, andererseits aber eine Absonderung der Gasblasen aus der Schmelze bei zu langsamer Erstarrung zu vermeiden.

Zur Beseitigung dieses Problems ist ein Verfahren bekannt geworden, bei welchem eine schaumfähige Metallschmelze hergestellt wird, deren Aufschäumung jedoch bis zum Einfüllen in die Gießform durch auf die Metallschmelze ausgeübten Gasdruck unterbunden wird, so daß das Aufschäumen der Metallschmelze erst in der Form erfolgt (GB-A-892 934). Diese Verfahrensweise ist umständlich und führt ebenfalls nicht zu voll befriedigenden Ergebnissen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein

Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum in Gießformen zu schaffen, das hinsichtlich der Formgestaltung eine den konventionellen Formgießverfahren vergleichbare Gestaltungsfreiheit mit einwandfreien Ergebnissen bietet und eine einfache rationelle Serienfertigung im industriellen Maßstab erlaubt. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Verfahrensweise gelöst, also dadurch, daß bei Anwendung von zwei nach Art von kommunizierenden Röhren miteinander verbundener Behälter, von denen einer an die Gießform angeschlossen ist, zunächst in die beiden Behälter eine Metallschmelze eingebracht bzw. in diesen Behälter erzeugt wird, daß dann in der Metallschmelze, die sich in zweiten, an die Gießform angeschlossenen Behältern befindet, ein an deren Oberfläche schwimmender, fließfähiger Metallschaum erzeugt wird, und daß dann dieser fließfähige Metallschaum durch einem auf die Schmelze, die sich im ersten Behälter befindet, ausgeübten Druck im zweiten Behälter hoch- und in die Gießform hineingedrückt wird, bis dieser die Gießform völlig ausfüllt.

Diese Lösung der gestellten Aufgabe beruht auf der Erkenntnis, daß Metallschäume insbesondere sogenannte partikelstabilisierte Metallschäume bei einer Druckbeanspruchung sehr stabil sind, während ihre Schaumstruktur unter Scherbeanspruchung leicht zerstört wird. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der Metallschaum mit sehr geringer Scherbeanspruchung, jedoch mit erhöhtem Druck in den Hohlraum der Gießform eingebracht, so daß eine völlige Füllung des Formhohlraumes auch bei komplizierten Formen gewährleistet ist, ohne daß die Schaumstruktur zerstört wird.

Zweckmäßig wird der auf die Metallschmelze im ersten Behälter wirkende Druck durch einen regulierbaren Gasdruck erzeugt, der auf den Spiegel der Metallschmelze im ersten Behälter zur Einwirkung gebracht wird, welcher Gasdruck diesen Spiegel im ersten Behälter nach unten drückt. Dadurch wird über die Metallschmelze der im kommunizierenden zweiten Behälter befindliche, auf der dortigen Metallschmelze schwimmende Metallschaum in diesem zweiten Behälter zum Hochsteigen und Einfließen in die Gießform gebracht.

Eine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienende Vorrichtung, die eine Schmelzkammer, eine mit dieser nach Art von kommunizierenden Röhren verbundene Schaumkammer mit einer Einrichtung zur Schaumerzeugung und eine Gießform aufweist, besteht darin, daß mit dem oberen Bereich der Schaumkammer die Gießform verbunden ist und daß in die Schmelzkammer eine Druckgaszuleitung einmündet, welche Schmelzkammer mit Ausnahme der Einmündung der Gaszuleitung gasdicht geschlossen ist. Durch Einströmen von Druckgas in die Schmelzkammer kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren der Spiegel der Metallschmelze in dieser Schmelzkammer nach unten gedrückt werden, wodurch der in der Schaumkammer befindliche, auf der dortigen Metallschmelze schwimmende Metallschaum in dieser Kammer zum Hochsteigen und Einfließen in die Gießform gebracht wird.

Gemäß einer zweckmäßigen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird die Schaumkammer von einem in die Schmelzkammer eintauchenden Rohr gebildet, an dessen oberes Ende die Gießform unmittelbar oder mittelbar angeschlossen ist, während die zur Schaumerzeugung dienende Einrichtung im unteren Bereich des Rohres angeordnet ist.

In der Zeichnung sind zwei besonders vorteilhafte Ausführungsformen einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, anhand derer das erfindungsgemäße Verfahren näher beschrieben wird.

Fig. 1 und 2 zeigen eine erste Ausführungsform dieser Vorrichtung im Querschnitt in zwei verschiedenen Verfahrensstadien.

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform dieser Vorrichtung, ebenfalls im Querschnitt.

Fig. 4 und 5 zeigen ein Detail einer dritten Ausführungsform im Querschnitt.

Bei der in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform ist ein gasdicht geschlossener Schmelzofen 1 durch eine Trennwand 2 in eine größere Schmelzkammer 3 und eine kleinere Schaumkammer 4 unterteilt. In der Nähe des Bodens des Schmelzofens ist in der Trennwand 2 eine Durchlaßöffnung für die in den beiden Kammern befindliche Metallschmelze 5 vorgesehen, die durch Erhitzung in den schmelzflüssigen Zustand gebracht ist. Die Schmelzkammer besitzt eine in der Zeichnung nicht dargestellte, verschließbare Einfüllöffnung für die Metallschmelze sowie ein Regelventil 6, an das eine Druckgasleitung 7 anschließbar ist. Im übrigen ist die Schmelzkammer 3 gasdicht geschlossen.

Auch die Schaumkammer ist bis auf eine Gasaustrittsöffnung 8 gasdicht geschlossen, welche Öffnung durch ein regelbares Gasventil 9 verschließbar ist. Die Schaumkammer hat in ihrem oberen Wand- oder Deckenbereich eine mit einem Schieber 10 verschließbare Austrittsöffnung 11, die in die Eingießöffnung einer an der Oberseite der Schaumkammer angeflanschten Gießform 12 einmündet. Im unteren Bereich der Schaumkammer befindet sich ein Rührgerät 14, das zum Erzeugen von Metallschaum 15 aus der Metallschmelze dient und über einen in die Schaumkammer hineinragenden Antriebsstab 13 angetrieben wird. Zusätzlich kann zur Schaumerzeugung noch eine Leitung zur Zuführung von der Schaumbildung begünstigenden Zusätzen vorgesehen sein, die in die Schaumkammer einmündet.

In dem in Fig. 1 gezeigten Verfahrensstadium ist der Ofen zu etwa zwei Drittel seiner Füllhöhe mit vorbereiteter Metallschmelze 5 gefüllt. In der Schaumkammer 4 wird Schaum 15 erzeugt, der sich an der Oberfläche der Metallschmelze 5 in der Schaumkammer 4 absetzt und den Kammerraum oberhalb der Metallschmelze mehr und mehr anfüllt. Die Temperatur der Schaumkammer wird so gewählt, daß der Schaum flüssig und fließfähig bleibt.

Sobald sich eine ausreichende Menge Metallschaum 15 auf der Oberfläche der Metallschmelze 5 in der Schaumkammer 4 angesammelt hat, wird der Schieber 10 an der Austrittsöffnung 11 der Schaumkammer 4 geöffnet, das Gasventil 9 geschlossen und das Regelventil 6 der Schmelzkammer 3 mit der Druckgasleitung 7 verbunden und Druckgas in den Raum der Schmelzkammer 3 oberhalb des Badspiegels 16 der in dieser Kammer befindlichen Metallschmelze 5 eingeleitet. Dadurch wird Metallschmelze 5 unter Absenkung ihres Badspiegels 16 von der Schmelzkammer 3 in die Schaumkammer 4 gedrückt, wodurch der Spiegel der in der Schaumkammer befindlichen Schmelze 5 in der Schaumkammer 4 zum Hochsteigen und der auf der Schmelze schwimmende Schaum zum Eindringen in den Hohlraum der Gießform 12 gebracht wird. Durch den mittels des Ventils 6 regulierbaren Gasdruck in der Schmelzkammer kann dabei sichergestellt werden, daß

der in die Gießform eindringende Metallschaum den Formhohlraum völlig ausfüllt. Dieses Verfahrensstadium ist in Fig. 2 gezeigt.

Nach Füllung der Gießform 12 wird der Schieber 10 an der Austrittsöffnung 11 der Schaumkammer 3 geschlossen, um jeglichen Rückfluß des Metallschaumes aus der Gießform auszuschließen. Die Gaszufuhr in der Druckgasleitung 7 wird abgestellt und die Druckgasleitung 7 vom Ventil 6 entfernt. Durch anschließendes Öffnen des Regelventils 6 und des Gasventils 9 wird der gesamte Ofenraum, d. h. Schmelzkammer 3 und Schaumkammer 4, drucklos gemacht, so daß der Badspiegel 16 der Schmelze 5 in beiden Kammern in seine in Fig. 1 gezeigte Ausgangsstellung zurückkehrt. Nach Ablauf der Erstarrungszeit wird die Gießform 12 geöffnet und das darin befindliche Gußteil entnommen. Ein neuer Verfahrenszyklus kann beginnen.

Je nach Wahl der Temperatur des Metallschaumes und der Wand der Gießform sowie der Füllgeschwindigkeit der Gießform und der Höhe und Dauer des Nachdruckes nach vollendeter Formfüllung wird das Gußteil eine mehr oder weniger dichte glatte oder porige Oberflächenschicht aufweisen.

Es ist auch möglich, in die Gießform vorgefertigte Einlagen, z. B. in Form von konventionellen, gegossenen Formkörpern oder Blechformteilen einzulegen, um das aus Schaummaterial hergestellte Formteil örtlich oder auch großflächig mit dichter Struktur und höherer Festigkeit auszustatten.

Bei geeigneter Auslegung der Austrittsöffnung 11 der Schaumkammer 3 und der Eintrittsöffnung der Gießform und richtiger Dimensionierung der Fließwege in der Gießform erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren die Füllung des Formhohlraumes einer Gießform mit Metallschaum in Art eines turbulentfreien Aufsteigens des Metallschaumes ohne das Auftreten nennenswerter Scherkräfte in der Schaummasse, so daß die aus der Metallschmelze 5 gebildete Schaumstruktur im wesentlichen unverändert im in der Form erzeugten Gußteil erhalten bleibt.

Die in Fig. 3 dargestellte zweite Ausführungsform der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens unterscheidet sich von der ersten in Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführungsform im Prinzip nur dadurch, daß die Schaumkammer 17, von einem Rohr gebildet wird, das von oben in die als Schmelztiegel 18 ausgebildete Schmelzkammer hineinragt. Diese Schmelzkammer 18 ist ebenso wie die Schmelzkammer 3 beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 und 2 mit Ausnahme der Einmündung einer Druckgasleitung 19 mit Regelventil 20 durch eine Deckelplatte 21 gasdicht geschlossen. In dem unteren Bereich des Rohres 17 befindet sich ein Rührwerk 22, das über eine Antriebsstange 23 von einem Motor 24 angetrieben wird, der sich außerhalb des Schmelztiegels oder der Schmelzkammer 18 befindet. An das obere Ende des sich durch die Deckelplatte 21 hindurcherstreckenden Rohres 17 ist die Gießform 25 angeschlossen, deren Eintrittsöffnung durch einen Schieber 26 verschließbar ist.

Die Funktionsweise dieser Ausführungsform ist im Prinzip die gleiche wie diejenige der in Fig. 1 und 2 genannten Ausführungsform. Zunächst wird im Rohr 17 durch das Rührwerk 22 in der in diesem Rohr befindlichen Metallschmelze 5 Metallschaum 15 hergestellt, der an der Oberfläche der Schmelze schwimmt. Hierzu können durch das Gestänge des Rührwerkes oder durch eine zusätzliche Leitung zur Schaumbildung erforderliche Stoffe in die Schmelze 5 eingebracht werden. Dann

wird die in der Schmelzkammer 18 befindliche Schmelze durch Einbringen von Druckgas über die Leitung 19 unter Druck gesetzt, wodurch die in dem unteren Bereich des Rohres 17 befindliche Schmelze 5 in diesem Rohr zum Hochsteigen gebracht wird, bis der auf ihr schwimmende Metallschaum 15 bei geöffnetem Schieber 26 in die Gießform 25 hineingedrückt wird und diese Form vollständig ausfüllt. Anschließend wird die Form 25 durch den Schieber 26 geschlossen, die Druckgasleitung gestoppt und die Schmelzkammer 18 durch ein Entlüftungsventil oder durch Öffnen des Ventils 20 bei entfernter Druckgasleitung 19 drucklos gemacht, so daß der Badspiegel 16 der Schmelze 5 in der Schmelzkammer 18 und in der Schaumkammer 17 in seine Ausgangsstellung zurückkehrt.

Bei den in Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die zu füllende Gießform 12, 25 unmittelbar an das obere Ende der Schaumkammer 4 bzw. 17 angeschlossen. Es ist aber auch möglich, an die Schaumkammer eine nach dem Prinzip einer Kaltkammerdruckgießmaschine arbeitende Vorrichtung anzuschließen, welche die eigentliche Formfüllung bewirkt. Eine diesbezügliche Ausführungsform ist in den Fig. 4 und 5 dargestellt. Bei dieser Ausführungsform mündet die Austrittsöffnung 27 der Schaumkammer 28 in die zylindrische Druckfüllkammer 29 einer Gießvorrichtung ein, in der ein Gießkolben 30 mittels einer Kolbenstange 31 hin- und herbewegbar ist. Sobald die vorbestimmte Menge von Metallschaum 15 in die Druckfüllkammer gelangt ist, wird durch Verschieben des Gießkolbens 30 die Austrittsöffnung 27 der Schaumkammer 28 verschlossen. Gleichzeitig wird die Druckgasbeaufschlagung der Schmelzkammer beendet und damit ein weiteres Hochsteigen oder Hochdrücken von Metallschaum in der Schaumkammer unterbunden. Beim weiteren Verschieben des Gießkolbens in Richtung auf die an die Druckfüllkammer 29 angeschlossene Gießform 32 wird der in die Druckfüllkammer zum Einströmen gebrachte Metallschaum 15 in den Hohlraum der Gießform 32 hineingepreßt. Dabei wird der durch den Kolben erzeugte Fülldruck soweit gesteigert, daß der Formhohlraum von der Schaummasse vollständig ausgefüllt wird.

Diese Verfahrensweise bietet den Vorteil, daß Metallschaum mit beliebigem Druck in die Gießform eingedrückt werden kann, ohne daß unverschäumte Aluminumschmelze in die Gießform gelangt.

Bei dem in Fig. 4 und 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die zylindrische Druckfüllkammer in horizontaler Anordnung über der Austrittsöffnung 27 der Schaumkammer 28 angeordnet. Es ist jedoch auch eine schräge oder vertikale Orientierung der Druckfüllkammer möglich.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann noch dadurch verbessert werden, daß in bekannter Weise der Hohlraum der Gießform während des Einströmens des Metallschaumes oder nach erfolgter Formfüllung durch Anwendung von Unterdruck evakuiert wird, wodurch das Einströmen des Metallschaumes bzw. die Ausfüllung feiner Formkonturen noch verbessert wird.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Schaumformteile können z. B. durch zerspanende oder z. B. durch Prägen verformende Bearbeitung in ihre gewünschte Endform gebracht werden. So können beispielsweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zunächst nur relativ einfach gestaltete Schaumrohlinge, z. B. in Form von Zylindern, Rohren, Kuben o. dgl., erzeugt werden, die erst durch anschließende Fertigbearbeitung ihre gewünschte Endform erhalten.

Denkbar ist auch eine zusätzliche Formgebung durch Prägen, während sich das Schaumformteil noch in der Gießform befindet.

Dies kann dadurch geschehen, daß konturgebende Schieber durch Verschieben unter Druck in das Schaumformteil eingedrückt und wieder zurückgezogen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Formteilen aus Metallschaum in Gießformen, unter Anwendung von zwei nach Art von kommunizierenden Röhren miteinander verbundenen Behältern, von denen einer an die Gießform angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst in die beiden Behälter eine Metallschmelze eingebracht bzw. in diesen Behältern erzeugt wird, daß dann in der Metallschmelze, die sich im zweiten, an die Gießform angeschlossenen Behälter befindet, ein an deren Oberfläche schwimmender, fließfähiger Metallschaum erzeugt wird, und daß dann dieser fließfähige Metallschaum durch einen auf die Schmelze, die sich im ersten Behälter befindet, ausgeübten Druck im zweiten Behälter hoch- und in die Gießform hineingedrückt wird, bis dieser die Gießform völlig ausfüllt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des auf die Metallschmelze im ersten Behälter wirkenden Drucks ein regulierbarer Gasdruck auf den Spiegel der Metallschmelze im ersten Behälter zur Einwirkung gebracht wird, der diesen Spiegel nach unten drückt, wodurch über die Metallschmelze der im kommunizierenden zweiten Behälter befindliche, auf der dortigen Metallschmelze schwimmende Metallschaum in diesem Behälter zum Hochsteigen und Einfließen in die Gießform gebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum durch den auf die Metallschmelze ausgeübten Druck unmittelbar in die Gießform hineingedrückt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Metallschaum durch den auf die Metallschmelze ausgeübten Druck zunächst in die Füllkammer einer Druckfüllvorrichtung gelangt und von dort in die an die Druckfüllkammer angeschlossene Gießform eingepreßt wird.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 mit einer Schmelzkammer (3), einer mit dieser nach Art von kommunizierenden Röhren verbundenen Schaumkammer (4), die eine Einrichtung (13, 14, 23, 24) zur Schaumerzeugung aufweist, und einer Gießform (12, 25), dadurch gekennzeichnet, daß mit dem oberen Bereich der Schaumkammer (4) die Gießform (12, 25) verbunden ist und daß in die Schmelzkammer (3) eine Druckgasleitung (7, 19) einmündet, welche Schmelzkammer mit Ausnahme der Einmündung der Gaszuleitung gasdicht geschlossen ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaumkammer (4) von einem in die Schmelzkammer (3) hineinragenden Rohr (17) gebildet ist, an dessen oberes Ende die Gießform (25) unmittelbar oder mittelbar angeschlossen ist, und daß die zur Schaumerzeugung dienende Einrichtung (23, 24) im unteren Bereich des Rohres (17)

angeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (23, 24) zur Schaumerzeugung von einem Rührgerät gebildet ist.

5

8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung für die Schaumerzeugung von einer in den unteren Bereich der Schaumkammer einmündenden Gaszufuhrleitung gebildet ist.

10

9. Vorrichtung nach den Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittsöffnung der Gießform (12, 25) in der Wandung der Schaumkammer (4) liegt und durch einen oder mehrere Verschlußkörper, z. B. Schieber (10, 26), verschließbar ist.

15

10. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzkammer (3) und/oder Schaumkammer (4) eine verschließbare Entlüftungsöffnung (8) aufweist.

20

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

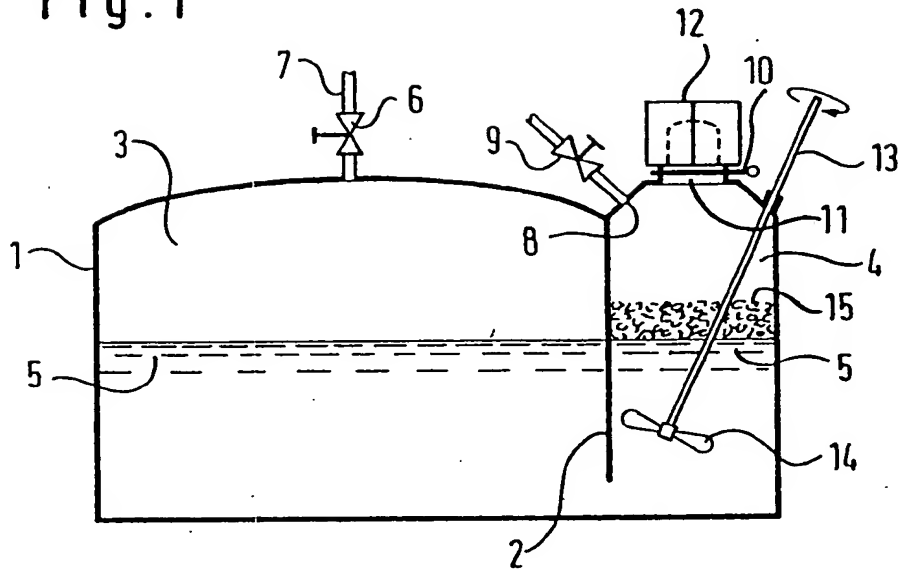


Fig. 2

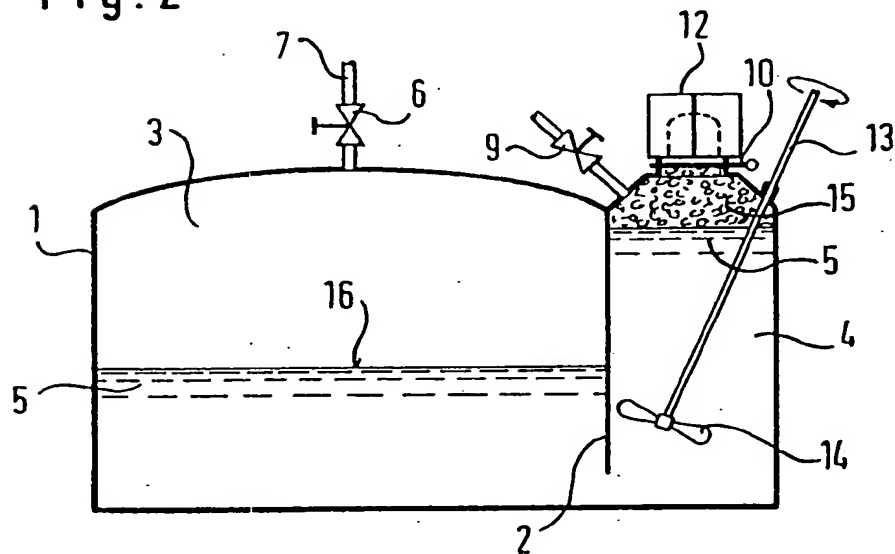


Fig. 3

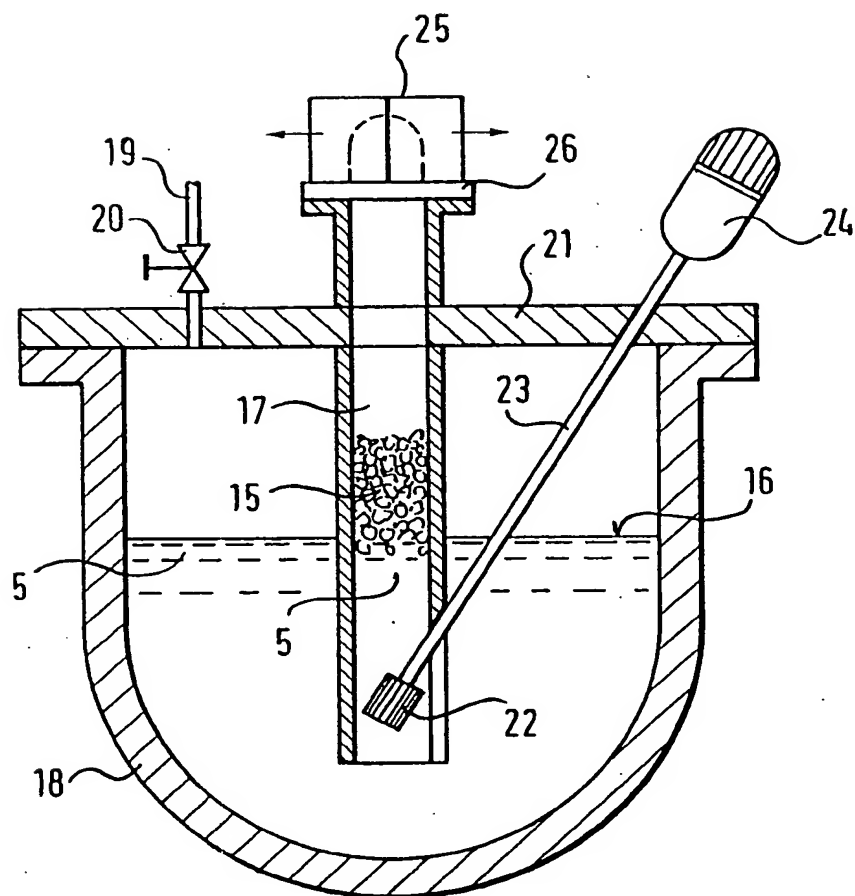


Fig. 4

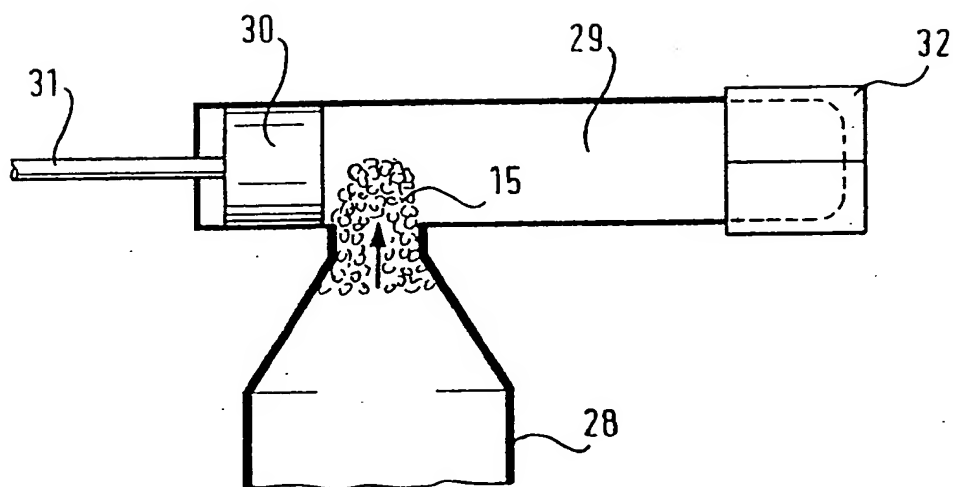
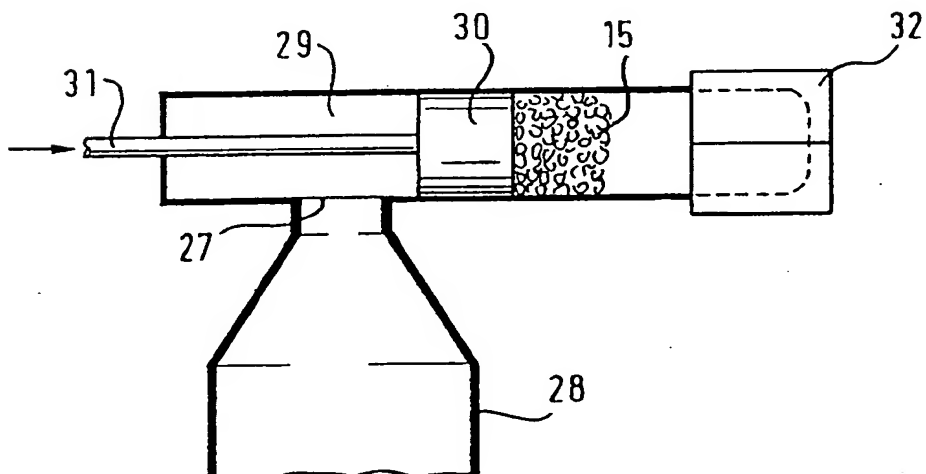


Fig. 5



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.